

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

G 02 b, 27/00

G 02 b, 21/00

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 42 h, 38

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 2 401 973

Aktenzeichen: P 24 01 973.6

Anmeldetag: 16. Januar 1974

Offenlegungstag: 25. Juli 1974

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: 16. Januar 1973

33

Land: V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen: 324456

54

Bezeichnung: Doppelbrechende Vorrichtung für polarisierende Interferenzapparate

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: American Optical Corp., Southbridge, Mass. (V.St.A.)

Vertreter gem. §16 PatG: Hagen, G. B., Dr. phil.; Kalkoff, W., Dipl.-Phys.; Patentanwälte,  
8000 München

72

Als Erfinder benannt: Veer, Johannes Diets de, Harvard, Mass. (V. St. A.)

DT 2 401 973

PATENTANWÄLTE  
Dr. phil. G. B. HAGEN  
Dipl.-Phys. W. KALKOFF  
8000 MÜNCHEN 71 (Solln)  
Franz-Hals-Straße 21  
Tel. (0811) 796213/795431

2401973

AO 3251

München, 27. Dezember 1973  
Dr. H./sch

American Optical Corporation  
Southbridge, Mass., V. St. A.

---

Doppelbrechende Vorrichtung für polarisierende Interferenz-  
apparate

Priorität: 16. Jan. 1973; V.St.A.;  
Nr. 324 456

---

Die Erfindung bezieht sich auf die Beobachtung von Objekten unter Verhältnissen, bei denen die Phase des hindurchgelassenen oder reflektierten Lichtes von Bedeutung ist. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine polarisierende Interferenzvorrichtung, bei der Doppelbrechungseigenschaften eines kristallinen Materials ausgenutzt werden, um die Amplituden- und Phaseneigenschaften der Objekte im Wege unterschiedlicher Interferenzen und/oder der Interferenz-Kontrast-Methode zu beobachten.

Die US-PS 2 601 175 von Smith und die US-PS 2 924 142 von Nomarski beziehen sich auf die Untersuchung von Objekten, bei denen Phaseneffekte im durchgelassenen oder reflektierten Licht ausgenutzt werden. Die von Smith beschriebene Anordnung nützt zu diesem Zweck ein übliches doppelbrechendes Wollaston-Prisma aus. Nomarski beschreibt, daß ge-

409830/0840

wisse vorteilhafte Effekte dadurch erzielt werden können, daß die optische Achse des einen Prismas der Wollaston-Vorrichtung gedreht ist. Typische Anordnungen gemäß den genannten US-Patentschriften sind im folgenden schematisch unter Bezugnahme auf die Figuren erörtert. Wenn im folgenden die Erörterung der Figuren ohne Bezugnahme auf die Anwendung weiterer optischer Elemente wie Linsen u. dgl. durchgeführt wird, so ist doch zu beachten, daß in an sich bekannter Weise die Anwendung derartiger Mittel vorgesehen sein kann. Im wesentlichen bestehen derartige Interferenzsysteme, die mit durchgehendem Licht arbeiten, aus einem Polarisator P, einem Doppelbrechungskompensator C, einem für das Licht durchsichtigen oder lichtdurchlässigen Objekt O, das phasenmäßig das hindurchgelassene Licht beeinflusst, ein den Strahlengang aufspaltendes Element B mit Doppelbrechungseigenschaften, die gleich und entgegengesetzt den Doppelbrechungseigenschaften des Kompensators C sind, und einem Analysator A, der in bezug auf den Polarisator B quer angeordnet ist. Der Kompensator hat bei Benutzung in einem polarisierenden Interferenzsystem die wesentliche Funktion, inkohärentes Licht anstelle einer kohärenten Lichtquelle benutzen zu können. Es ist bekannt, daß die Anwendung eines doppelbrechenden Kompensatorelements die Notwendigkeit kohärenten Lichtes beseitigt und daß, indem man die optische Achse desselben senkrecht zur optischen Achse des den Strahlengang aufspaltenden Elements anordnet, man eine Kompensation für weißes Licht erhalten kann. Nomarski beschreibt verschiedene polarisierende Interferenzsysteme, von denen eines im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben wird. Bei einem derartigen System wird eine Feldblende verwendet, die im allgemeinen vor dem Polarisator angeordnet wird. Die Wirkungsweise des Mikroskopkondensors besteht darin, die Feldblende auf das Objekt zu fokussieren, um die gewünschte Beleuchtung zu haben. Weiter muß das Kondensatorlinsensystem im Zusammenwirken mit der Objektivlinse die Interferenzstreifen des

doppelbrechenden Kompensators in der gleichen Ebene abbilden und in der gleichen Richtung wie die Streifen des doppelbrechenden, den Strahlengang aufteilenden Elements und unter der gleichen Vergrößerung. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es bei gewissen Kondensatorsystemen erforderlich, die Interferenzstreifenebene des doppelbrechenden Kondensatorelements innerhalb des Kondensatorlinsensystems zu legen. Smith und Nomarski verwenden übliche Wollaston-Prismenanordnungen, bestehend aus zwei doppelbrechenden Elementen, von denen jedes aus zwei komplementären prismatischen Doppelbrechungskeilen besteht, wobei ein System Anwendung findet, das in bezug auf seine optischen Flächen miteinander verbunden ist und parallele Flächen und optisch senkrecht zueinander gerichtete Achsen aufweist; die prismatischen Keile haben Eintritts- und Austrittsflächen, die senkrecht zu der optischen Achse bzw. Mittelachse des Instruments liegen. Polarisierende Interferenzanordnungen dieser Art können in optischen Instrumenten verwendet werden, bei denen Linsenanordnungen zwischen den verschiedenen Teilen des polarisierenden Referenzsystems Anwendung finden. Nomarski bemerkt dabei, daß es möglich ist, ein Interferenzsystem mit einem einzigen doppelbrechenden prismatischen Keil anstelle des üblichen komplementären Keilpaares auszubilden, daß aber kommerzielle Instrumente bisher nicht verwendet wurden wegen der Unbequemlichkeit, die durch die Verlegung der Interferenzstreifenebene in die den Strahlengang aufspaltende doppelbrechende Hauptvorrichtung bedingt ist; Nomarski lehrt auch nicht, daß man die Interferenzstreifenebene außerhalb eines solchen Elements verlegen kann.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß zwei doppelbrechende Elemente, von denen jedes nur aus einem einzigen doppelbrechenden Keil besteht, so angeordnet werden können, daß sie in gleicher, entgegengesetzter Weise auf das Licht

einwirken, und daß dadurch eine beträchtlich Vereinfachung erreichbar ist, ohne daß die optischen Nachteile in Kauf genommen werden müssen, die bisher bei derartigen Systemen auftraten. Es wird im folgenden die Ebene, die durch den Ort der Punkte gebildet ist, welche durch den Schnittpunkt der ordentlichen und außerordentlichen Strahlen <sup>eines einen</sup> hindurchgeht, doppelbrechenden Keil durchsetzenden Lichtstrahlenbündels / als Streifenebene bezeichnet. Die Streifenebene kann, muß jedoch nicht notwendigerweise parallel zu einer oder mehreren Flächen des Keils angeordnet sein, und zwar auf einer Fläche, die entweder dem doppelbrechenden Keil angehört oder sehr nahe zu demselben oder zu einer optischen, flächenmäßig verbundenen, aus zwei komplementären doppelbrechenden Keilen bestehenden Vorrichtung liegt. Dadurch, daß entweder die optische Achse in bezug auf die ebene Oberfläche mindestens eines dieser Keile geneigt wird oder daß mindestens der eine Keil in bezug auf die optische Achse bzw. Mittelachse des Instruments oder beider geneigt wird, ist es möglich, die Streifenebene zu verlegen und die bisher bei derartigen Systemen auftretenden Nachteile zu vermeiden. Eine wesentliche Kostenverringerung wird dadurch erzielt, daß aufeinander abgepaßte Paare komplementärer Keilvorrichtungen nicht benötigt werden.

Es ist wünschenswert, daß die Streifenebene des doppelbrechenden den Strahlengang aufspaltenden Elements in der Nähe der hinteren Brennebene des Objektivs oder zusammenfallend mit derselben bei einem üblichen, mit durchgehendem Licht arbeitenden Mikroskop liegt. Derzeit gebräuchliche Mikroskope sind so ausgebildet, daß eine Mehrzahl Mikroskopobjektive verwendbar ist, um einen breiten Vergrößerungsbereich zu bedecken, innerhalb dessen der Benutzer eine bestimmte Vergrößerung auswählen kann. Während nicht jedes Objektiv eines bestimmten Mikroskops die Eigenschaft hat,

daß die hintere Brennebene an derselben Stelle liegt, so wird das Linsensystem doch so bemessen, daß die Lage der hinteren Brennebene im wesentlichen die gleiche ist, und zwar stets innerhalb des Objektivsystems liegt. Daher bietet es einen besonderen Vorteil, die Interferenzstreifenebene aus der den Strahlengang aufspaltenden Vorrichtung herauszuverlegen, damit diese Ebene so nahe wie möglich der hinteren Brennebene des Objektivs liegt.

Die Figuren zeigen folgendes:

- Fig. 1a eine schematische Schnittdarstellung eines Interferenzsystems gemäß der US-PS von Smith;
- Fig. 1b eine schematische Schnittdarstellung eines Interferenzsystems einer Anordnung gemäß der US-PS von Nomarski;
- Fig. 2 schematische Schnittdarstellungen verschiedener Ausführungsformen der Erfindung, wobei  
bis 10 die Verwendung in optischen Systemen gedacht ist, in denen die Streifen des Kompensatorelements in bezug auf die Streifen des Frequenztrennelements umgekehrt werden;
- Fig. 2b eine schematische Schnittdarstellung einer Ausführungsform der Erfindung zur Ausführung in einem optischen System, das die Streifen des Kompensatorelements in bezug auf die Abbildung auf die Streifen des den Strahlengang aufspaltenden Elements nicht umkehrt;
- Fig. 11 perspektivische Darstellung von Doppelbrechungs-  
und 12 vorrichtungen zur Verwendung bei der Erfindung.

Fig. 2, 3 und 4 zeigen Ausführungsformen der Erfindung, bei denen der einzige doppelbrechende Keil des Doppelbrechungskompensators C eine optische Achse hat, die parallel zu der Keilspitzenkante verläuft. In Fig. 2 werden die Streifensysteme in bezug auf das doppelbrechende Element B durch Drehen der optischen Achse verlagert, wobei die optische Achse senkrecht zu der Spitzenkante liegt, so daß sich eine schräge Winkellage in bezug auf beide Flächen des einzigen doppelbrechenden Keils in der den Strahlengang aufspaltenden Vorrichtung B ergibt. In Fig. 3 werden die Streifen in bezug auf die den Strahlengang aufspaltende Vorrichtung B dadurch verlagert, daß ein Kippen des gesamten Keilprismas erfolgt. In Fig. 4 werden die Streifen des den Strahlengang aufspaltenden Kompensatorelements B dadurch verlagert, daß das Keilprisma gekippt wird und die optische Achse in eine Stellung verlagert ist, die schräg in bezug auf beide Keilflächen liegt. Fig. 2b ist ähnlich Fig. 2a, jedoch kann dieses System auch ohne Anwendung von Linsen verwendet werden. Die Ausführungsform gemäß Fig. 5 zeigt die Erfindung in einem System, das Streifen aufweist, die in bezug auf das Kompensatorelement C und die den Strahlengang aufspaltende Vorrichtung B verlagert sind. Die Verlagerung der Streifen des Systems C wird durch Kippen des Keils bewirkt, während die Verlagerung der Streifen vom Keil B dadurch erzielt wird, daß die optische Achse der den Strahlengang teilenden Vorrichtung B gedreht ist. Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, in der die Streifen des Kompensatorelements C durch Kippen des Keils verlagert werden.

Fig. 7 und 8 zeigen Ausführungsformen der Erfindung, bei denen das Kompensatorelement C eine optische Achse hat, die senkrecht zur Spitzenkante des Keils liegt, und eine den Strahlengang aufspaltende Vorrichtung B aufweist, bei der die optische Achse parallel zu der Spitzenkante des Prismas liegt. Es wird eine Verlagerung der Streifen durch den

Strahlengang aufteilenden Vorrichtung durch Kippen des Keils erreicht. Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der die Streifen in bezug auf das Kompensatorelement C durch Drehen um die optische Achse in bezug auf die optische Oberfläche des Keils verlagert werden. Fig. 9 und Fig. 10 zeigen Ausführungsformen der Erfindung, bei denen der Keil des Kompensators C und der Keil der den Strahlengang aufspaltenden Vorrichtung B beide in bezug auf die optische Achse des Instruments geneigt werden. In Fig. 10 ist eine den Strahlengang aufspaltende Vorrichtung B wiedergegeben, deren optische Achse in bezug auf die Oberfläche des doppelbrechenden Keils gedreht ist.

Fig. 11 zeigt eine zur Ausführung der Erfindung dienende doppelbrechende Vorrichtung, bei der die optische Achse senkrecht zur spitzen Kante des Keils liegt und in bezug auf die Oberfläche gedreht wird. Um die Montage zu erleichtern und richtungsmäßige Korrekturen zu ermöglichen, wird im allgemeinen ein Keil zusammen mit einem komplementären Glaskeil verwendet, der keine Doppelbrechungseigenschaften hat. Dadurch kann man die optische Ausrichtung der Vorrichtungen im Instrument aufrechterhalten.

Fig. 12 zeigt eine doppelbrechende Vorrichtung zur Verwendung in einer erfindungsgemäßen Anordnung, bei der ein doppelbrechender Keil in bezug auf die optische Achse des Instruments gekippt wird und die optische Achse des Keils parallel zu der spitzen Kante des Keils verläuft. Bei einer derartigen Anordnung können zwei Glaskeile in optischen Oberflächenkontakt mit gegenüberliegenden Flächen des doppelbrechenden Keils gebracht werden. Diese Glaskeile bilden die Eingangs- und die Ausgangsfläche senkrecht zur optischen Achse des Instruments und haben keine Doppelbrechungseigenschaften.

Das Maß der Kippung, die auf einen Keil ausgeübt wird, oder das Drehungsmaß der optischen Achse des Keils kann innerhalb eines weiten Bereichs geändert werden, entsprechend den Erfordernissen des optischen Instruments, in dem die Vorrichtung Anwendung finden soll. Das Maß der Verlagerung, das erforderlich ist, um die Streifenebene in die gewünschte Lage innerhalb des optischen Instruments zu bringen, bestimmt das Maß der Drehung der optischen Achse oder das Maß des Kippens des Keils entsprechend den üblichen optischen Prinzipien und kann entsprechend bemessen werden. Wenn beispielsweise in einem Interferenz-Kontrastmikroskop die Drehung der optischen Achse in der den Strahlengang aufspaltenden Vorrichtung oder dem Kompensatorelement zwischen  $-40^{\circ}$  und  $+40^{\circ}$  oder mehr liegt, so kann die Kippung der gesamten Keilanordnung zwischen  $-30^{\circ}$  und  $+30^{\circ}$  liegen. In einem Differential-Interferenzmikroskop gemäß der Erfindung, wie es in Fig. 5 gezeigt ist, bei dem der Kondensator eine Brennweite von 10 mm hat, kann die optische Achse der den Strahlengang aufteilenden Vorrichtung um ungefähr  $10^{\circ}$  gedreht sein aus einer Lage, in der die Keiloberfläche normal zur optischen Achse liegt. Das Kompensatorelement kann für verschiedene Objektive unterschiedlich sein, und bei einem vierzigfach vergrößerten Objektiv kann der Keil um ungefähr  $15^{\circ}$  gekippt werden, damit die Streifenebene parallel zu dem Kondensatorsystem liegt und die Kondensatorstreifen fokussiert werden auf die Streifen der den Strahlengang teilenden Vorrichtung.

Die Figuren zeigen das der Erfindung zugrundeliegende Prinzip, wobei vorausgesetzt wurde, daß die den Strahlengang teilende doppelbrechende Vorrichtung und die doppelbrechende Kompensatorvorrichtung beide aus demselben doppelbrechenden Material bestehen. Die Konstruktion von Interferenzsystemen unter Anwendung unterschiedlicher doppelbrechender Materialien ist auch bekannt. Wenn zwei unterschiedliche

doppelbrechende Materialien verwendet werden, das eine in dem Kompensator und das andere in der den Strahlengang aufteilenden Vorrichtung, so daß das Vorzeichen der Doppelbrechung unterschiedlich ist, so ist es für den Fachmann offensichtlich, daß beide Elemente ihre jeweiligen optischen Achsen in derselben Ebene haben müssen, und, wenn die Materialien dasselbe Vorzeichen haben, die jeweiligen optischen Achsen senkrecht zueinander liegen müssen. Das am meisten gebräuchliche doppelbrechende Material ist Quarz. In Anbetracht des häufigen Vorkommens und der niedrigen Kosten; andere doppelbrechende Materialien, die im Rahmen der Erfindung Anwendung finden können, sind Saphir, Calcit, Magnesiumfluorid u. dgl., deren Doppelbrechungseigenschaften sämtlich wohlbekannt sind.

**Zusammenfassung:**

Die Erfindung betrifft ein polarisierendes Interferenzsystem, bestehend aus einer Lichtquelle, einem Kompensatorelement, einem Objekt, einer den Strahlengang teilenden Vorrichtung in optischer Ausrichtung in bezug aufeinander, wobei nur ein einziger doppelbrechender Keil in der Kompensatorvorrichtung und ein einziger doppelbrechender Keil in der den Strahlengang aufteilenden Vorrichtung (Splittervorrichtung) verwendet werden; die erfindungsgemäße Anordnung eignet sich für die Untersuchung von Objekten, die sich auf die Lichtamplitude und/oder die Phaseneigenschaften auswirken. Dadurch, daß entweder die optische Achse in bezug auf das Lichtsystem oder der gesamte Keil oder beide verlagert werden, ist es möglich, die bisher verwendeten Doppelkeilvorrichtungen zu vermeiden und dadurch eine größere Wandlungsfähigkeit bei der Apparatekonstruktion zu haben.

**Patentansprüche:**

409830/0840

P a t e n t a n s p r ü c h e

---

1. Polarisierendes Interferenzsystem, bestehend aus einer Lichtquelle, einem Polarisator, einem Kompensatorelement, einem Objekt, einem den Strahlengang aufteilenden Element (Splitterelement) und einem Analysator, die sämtlich in bezug auf eine Mittellinie ausgerichtet sind, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Kompensator aus einem einzigen doppelbrechenden kristallinen Keil besteht, der zwei unter einem Winkel zueinander verlaufende und die Mittellinie durchsetzende Oberflächen aufweist, und daß die den Strahlengang aufteilende Vorrichtung (Splitterelement B) aus einem einzigen doppelbrechenden kristallinen zweiten Keil besteht, der zwei unter einem Winkel zueinander verlaufende und die Mittellinie schneidende Oberflächen hat, und daß die beiden Keile (C, B) in bezug aufeinander angeordnet sind, so daß mindestens drei der ebenen Oberflächen und eine optische Achse schräg zur Mittellinie verlaufen.

2. Interferenzsystem nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die beiden ebenen Oberflächen des einen Keils schräg zur Mittellinie verlaufen.

3. Interferenzsystem nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der eine Keil die den Strahlengang aufteilende Vorrichtung (Splitter) bildet.

4. Interferenzsystem nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der eine Keil den Kompensator bildet.

5. Interferenzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Achse des einen Keils schräg zur Mittellinie verläuft.
6. Interferenzsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Keil die den Strahlengang aufteilende Vorrichtung (Splitter) ist.
7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Keil die Kompensatorvorrichtung ist.
8. Interferenzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Keil zwei schräg zur Mittellinie verlaufende ebene Flächen hat und seine optische Achse senkrecht dazu verläuft, wobei dieser Keil den Kompensator bildet; und daß der andere Keil eine ebene Oberfläche senkrecht zur Mittellinie hat und die optische Achse desselben schräg zur Mittellinie verläuft, wobei dieser Keil die den Strahlengang aufteilende Vorrichtung (Splitterelement) bildet; und daß beide Keile aus Quarz bestehen.
9. Interferenzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompensator und die den Strahlengang aufteilende Vorrichtung zusätzliche nicht-doppelbrechende komplementäre Glaskeilstücke aufweisen, die in optischem Kontakt angeordnet sind.
10. Interferenzsystem nach einem der Ansprüche 1-9, in Anwendung bei einem das Licht durchlassenden Mikroskop, gekennzeichnet durch Verwendung eines Beleuchtungssystems, einer Feldblende, eines Kondensatorsystems, eines Objektivsystems, eines Okulars.

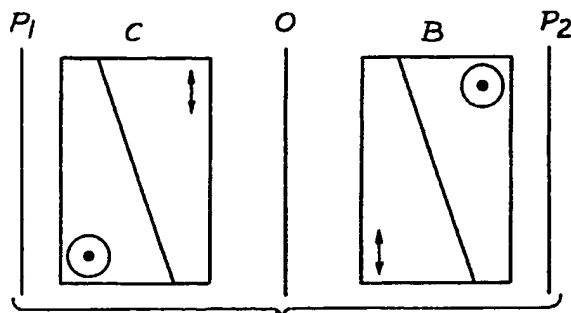


FIG. 1a

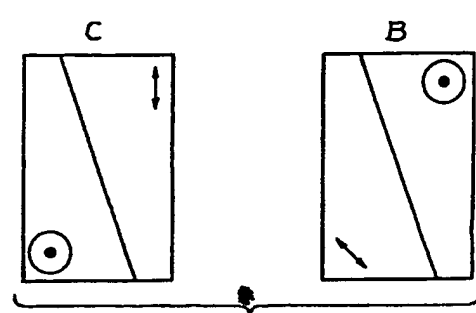


FIG. 1b

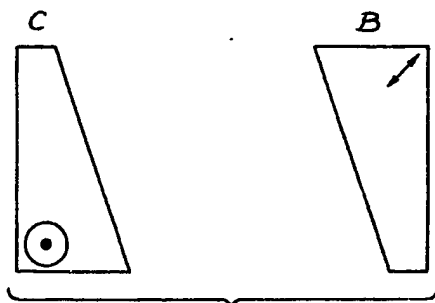


FIG. 2a

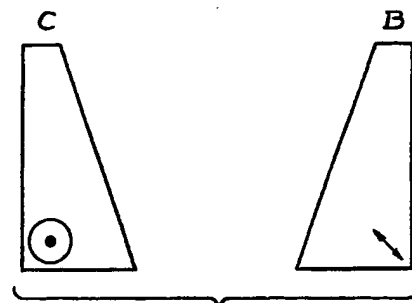


FIG. 2b

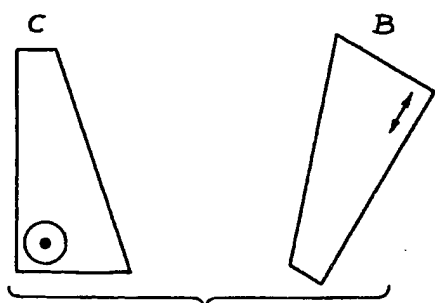


FIG. 3

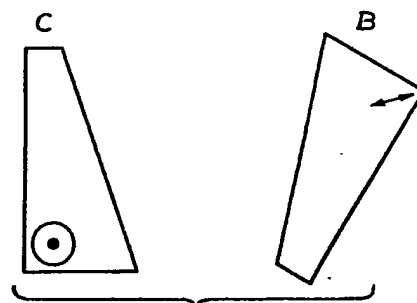


FIG. 4

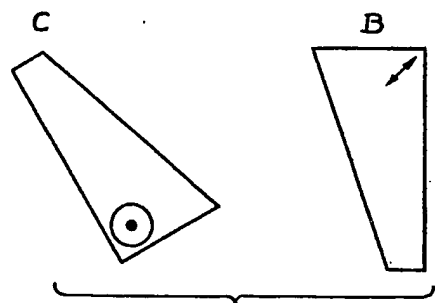


FIG. 5

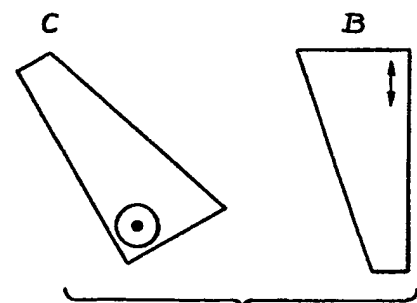


FIG. 6

409830/0840

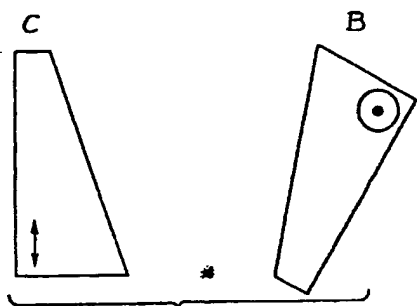


FIG. 7

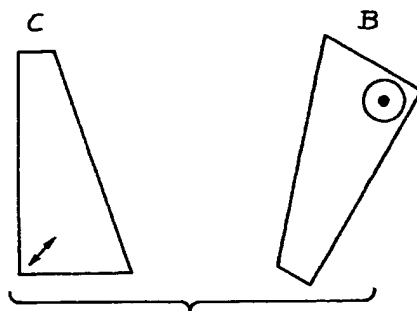


FIG. 8

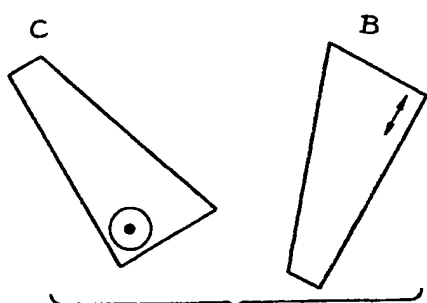


FIG. 9

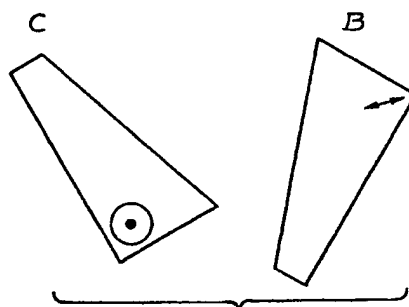


FIG. 10

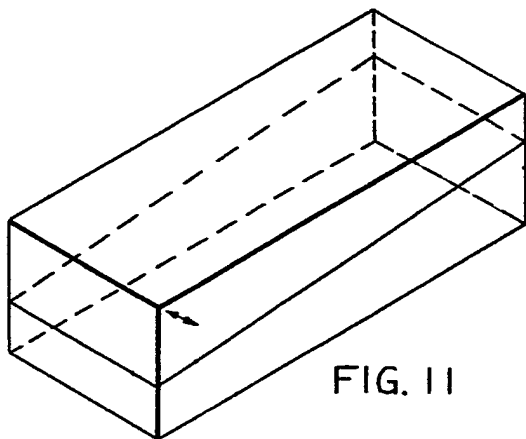


FIG. 11

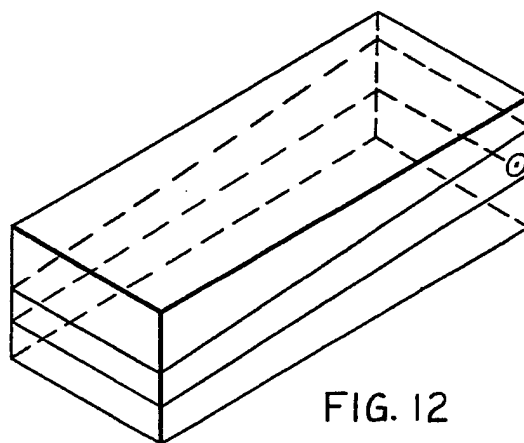


FIG. 12

**COMBINATION OF BIREFRINGENT ELEMENTS FOR POLARIZING INTERFERENTIAL SYSTEMS**

Patent Number: ☐ [US3868168](#)  
Publication date: 1975-02-25  
Inventor(s): DE VEER JOHANNES D  
Applicant(s): AMERICAN OPTICAL CORP  
Requested Patent: ☒ [DE2401973](#)  
Application Number: US19730324456 19730116  
Priority Number (s): US19730324456 19730116  
IPC Classification: G02B21/06  
EC Classification: [G02B21/14](#), [G02B27/28](#)  
Equivalents: [AT31974](#), ☐ [AT345584B](#), [AU471763](#), [AU6454174](#), [CA1001872](#), ☐ [DD113641](#), ☐ [FR2231028](#),  
☐ [GB1410902](#), [IN140816](#), ☐ [JP49111649](#)

---

**Abstract**

---

Polarizing interferential systems having a light source, a compensator element, an object, and a beam splitter element in optical alignment which utilize only a single birefringent wedge in the compensator element and only a single birefringent wedge in the beam splitter element are useful for the study of objects exhibiting light amplitude and/or phase properties. By tilting either the optic axis with respect to the light system, the entire wedge or both, it is possible to eliminate the dual wedge elements of the prior art and have greater versatility in instrument design.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2